

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikka Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Juho Nokelainen

# **TUOTANTOYSTÄVÄLLISET SUUNNITTELUOH- JEET**

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

Juho Nokelainen

Tuotanto ystävälliset suunnitteluohjeet, sivuja 44, liitteitä 1

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö, 2010

Ohjaajat: lehtori Jurvanen Veli-Pekka, Saimaan ammattikorkeakoulu, suunnittelupäällikkö Simo Sinkko, Laitex Oy

Työn tavoitteena oli tehdä yksinkertaiset, valmistusystävälliset ohjeet Laitex Oy:n suunnittelijoille. Yksi työn tavoitteista oli parantaa suunnittelijoiden tunte-  
musta koskien tiettyjä valmistusprosesseja.

Tehtäväni oli luoda eräänlaiset työpaikkakohtaiset standardit, joiden perusteella olisi helppo toimia, kehittää ja yhdenmukaistaa tiettyjä toimintatapoja. Työni tarkoituksena oli myös poistaa suunnittelun ja tuotannon välisiä ristiriitoja niistä tietyistä asioista, joissa käy helposti virheitä. Toimintaohjeet on luotu helpottamaan suunnittelutyötä ja valmistusta.

Suurin osa ohjeista ja menettelytavoista perustuu kokemukseen työssä. Osa ohjeista ja valmistustavoista oli luotu silmällä pitäen Laitex Oy:n konepajan työ-  
koneita ja laitteita. Työhön on koottu erilaisia esimerkkejä ja työtapakohtaisia hyväksi havaittuja nyrkkisääntöjä eri konepajatyöistä.

Oikein suunniteltu koneen osa helpottaa osan valmistusta ja tätä kautta lyhennää kappaleen läpimenoaikaa, josta päästään käsiksi valmistuskustannuksiin. Noudattamalla valmistusystävällisiä suunnitteluohjeita säästetään materiaaliku-  
luissa ja tuotantokustannuksissa

Työtä tehdessä haastateltiin eri ihmisiä konepajalta sekä suunnittelusta. Työtä kirjoittaessa ajatuksena oli, että lukijalla on edes löyhä käsitys konepajatyöstä. Tämän vuoksi jokainen työmenetelmä on käyty melko suppeasti läpi.

Avainsanat: ohjeet, koneistus, levytyöt, polttoleikkaus, hitsaus, kokoonpano

## ABSTRACT

Juho Nokelainen

User-friendly design instructions, 44 pages, 1 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Degree programme in mechanical and manufacturing technology

Mechanical and production engineering

Final year project, 2010

Instructors: Mr. Veli-Pekka Jurvanen, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr Simo Sinkko, Design Manager, Laitex Oy

The purpose of this final year project was to produce simple and user-friendly manufacturing instructions for the designers of Laitex Oy. The project was commissioned by Laitex Oy. One of the main concerns was to improve the designers' knowledge about some of the production processes.

The Goal of this thesis was to create certain in-house standards, which would give an opportunity for easy working and improve and equalize some specific working methods. Also one of main concerns is to remove incongruities between designing and manufacturing. In general, these instructions are intended to facilitate and merge the design and manufacturing processes.

Most of the instructions and procedures are based on experience of working in Laitex Oy. Some parts of the instructions and manufacturing methods are designed from the perspective of Laitex Oy workshop's machines and devices. This project contains a collection of examples, methods and rules that have proved to work well in different machine workshop areas.

Correctly designed machine parts can enhance the overall manufacturing process which in turn shortens the production time of machine parts and decreases production costs. By following the simple rules outlined in this document, Laitex Oy can reduce material and manufacturing costs.

Data for this document was collected from people who work in workshop and at the design office of Laitex Oy. This work was written with the assumption that the reader knows some basics about the machine workshops.

Keywords: instructions, machinery, plate works, flame cutting, welding, assembly

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 LAITEX OY .....	6
3 DFX-JA DFM-KÄSITTEET .....	7
4 OHJEET JA PARANNUSEHDOTUKSET KONEISTUKSEEN .....	8
4.1 Valmistuskuvat .....	8
4.2 Polttoleike vs. ainesputket .....	9
4.3 Kolakuljettimien ongelma kohdat .....	11
4.4 Ainesputki/levypyöräyhdistelmän valmistus .....	12
4.5 Materiaalien laadut ja niiden merkitys koneistuksen kannalta .....	13
4.5.1 Pyörötankojen raaka-aineet .....	14
4.5.2 Työvarat .....	14
4.6 Standardiosien ja puolivalmiiden aihoiden alihankinta .....	15
4.7 Hihnakuljettimien telojen suunnittelu .....	16
5 OHJEET LEVYTÖIHIN .....	18
5.1 Levyntyöstökoneiden suoritus arvot .....	18
5.2 Taivutusten oikaistupitus .....	21
5.2.1 Levysepän laskentamalli .....	23
6 OHJEET POLTTOLEIKKAUKSEEN .....	23
6.1 Ohjeet polttoleikattavien kappaleiden suunnitteluun .....	24
6.2 Polttoleikatut reiät .....	24
7 HITSAUKSEEN LIITTYVÄT OHJEET .....	25
7.1 Mig/mag-hitsauksen toimintaperiaate .....	25
7.2 Hitsausmerkinnät ja ohjeet lyhyesti .....	27
7.3 Luoksepäästävyysongelmat .....	29
7.4 Hitsausrailot .....	31
7.5 Akselilaippaliitokset .....	32
7.5.1 Kutistusliitos ja hitsausliitos .....	32
7.5.2 Kutistusliitoksen valmistusohjeet .....	33
8 KOKOONPANO JA ASENNUSTYÖT .....	36
8.1 Leikkaus- ja detailkuvat .....	37
8.2 Vaihdemoottorin ulosveto .....	38
8.3 Kehitysehdotus .....	40
9 YHTEENVETO .....	41

LÄHTEET .....	44
---------------	----

## LIITTEET

Liite 1 Laitex Oy:n tuoteperhe

# 1 JOHDANTO

Toiminta ohjeiden ja ohjeiden olemassa ololle on yksinkertainen selitys: ne on luotu helpottamaan jotakin tiettyä toimintaa. Tässä tapauksessa ohjeita ja malliesimerkkejä on koottu helpottamaan Laitex Oy:n suunnittelijoiden työskentelyä. Laitex Oy on toiminut jo reilusti yli 20 vuotta, joten suunnittelu ja työkuvia on ehtinyt kertyä paljon. Kuvia pyritään parantamaan ja päivittämään koko ajan, kun puutteita tai parannuksia havaitaan.

Tästä päästään yhteen pääongelmaan, joka on samojen ja samankaltaisten virheiden toistuminen kuvissa. Tämä juontaa juurensa siitä, että myös virheellisiä valmistuskuvia on tallennettu vuosien saatossa eri projektikansioihin, joista niitä käytetään taas uusien projektien pohjina ja niin edelleen. Toisin sanoen turha pyörää on montaa eri kertaa suunnitella ja piirtää.

Asian varjopuoli kuitenkin on, että päivittämättömiä kuvia päätyy välillä tuotantoon, jonka seurauksena on pahimmassa tapauksessa käyttökelvoton osa. Ohjeiden muodostamisella on pyritty tekemään tietynlaisia työpaikka ja työtapakohdaisia standardeja, joista on helppo tarkistaa asioita, joissa tapahtuu usein virheitä. Kuvissa olevat virheet hankaloittavat myös alihankinnassa teetettäviä töitä.

Myös uudet ja kokemattomat työntekijät ovat tietämättömiä virheistä, ennen kuin sellainen sattuu. Tätä voidaan ajatella siten, että niin sanottu vanhatyöntekijä tunnistaa virheet ja on tätä kautta ”immuuni” niille. Jälkimmäisessä tapauksessa taas käy usein niin, että työntekijä toimii niin kuin ”ennen on oikeaksi havaittu”. Usein tästä seuraa se, että kuvat jäävät korjaamatta. Opinnäytetyössä käsiteltävät esimerkkitapaukset ovat niitä, joissa tapahtuu yleisimmin virheitä ja puutteita suunnittelussa.

## 2 LAITEX OY

Laitex Oy on vuonna 1986 perustettu konepaja-alan yritys joka on keskittynyt kuljettimiin ja kuljetinjärjestelmiin asiakaskuntana vaativa prosessiteollisuus. Laitex Oy:n liikevaihdosta pääosa menee vientiin. Liikevaihdon taso on noin kuusi miljoonaa euroa. Viiden vuoden aikajänteellä liikevaihdon odotetaan nousevan 15–20 miljoonan tasoon. Laitex Oy:n kasvun perustana tulee olemaan bioenergia sekä ympäristöteknologia.

Laitex Oy:n tulevaisuus perustuu edelleen vahvaan, korkealaatuiseen osaamiseen ja sitä kautta tuottavien ratkaisujen toimittamiseen vaativille asiakkaille. Laitex Oy:llä on käytössä kansainväliset laatu- ja turvallisuusnormit. Yhteistyökumppaneina ovat italialainen murskainvalmistaja Satrind sekä amerikkalainen materiaalinkäsittelyyn erikoistunut Jeffrey-Rader. Työntekijöitä yrityksessä on noin 50, joista 32 toimii tuotannon työtehtävissä ja loput toimihenkilöinä. (Suvanen 2010)

Laitex Oy tuottaa projektiluontoisesti monen tyyppisiä kuljetin- ja purkainjärjestelmiä, joista yleisimpinä mainittakoon ruuvi-, kola-, hihna- ja ketjukuljettimet ja ketjupurkaimet. Sulkusyöttimet ovat oikeastaan Laitex Oy:n ainoa standardituote. Kaikki muu suunnitellaan enemmän tai vähemmän projektiluontoisesti asiakkaan tarpeen mukaan. Liitteestä 1 ilmenee Laitex Oy:n tuoteperhe kokonaisuudessaan.

Laitex Oy:n tuotteet vaativat vähäistä huoltoa ja kunnossapitoa sekä ne ovat toimivuudeltaan varmoja. Laitex Oy sijaitsee Lappeenrannan Lauritsalassa noin 5 km matkan päässä kaupungin ydinkeskustasta Imatran suuntaan, valtatie 6:n tuntumassa. (Laitex Oy 2010.)

Vuoden 2006 lopussa Laitexilla siirryttiin täysin 3D CAD-suunnitteluun, jolloin ohjelmistoksi valittiin SolidWorks. Tämän jälkeen kaikki 2D-kuvat on pyritty muuttamaan 3D-kuviksi, joka on tuonut mukanaan omat ongelmansa. Osaan näistä ongelmista paneudutaan tässä työssä.

### 3 DFX-JA DFM-KÄSITTEET

Tuotetta suunnitellessa voidaan vaikuttaa tyypillisesti noin 70 – 80 %:iin tuotteen kehityksessä ja valmistuksessa syntyvistä kustannuksista. Tällöin suunnitteluvaiheen merkitystä ei voida liikaa korostaa. Hyvän suunnittelutyön perustana on ottaa huomioon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa kaikki tuotteen eri valmistus vaiheisiin liittyvät tavoitteet ja rajoitukset. Tällöin on mahdollista säästää suuria säästöjä materiaali- ja tuotantokustannuksissa. Tämän tehtävän helpottamiseksi on kehitetty niin kutsuttu DFX-menetelmä (Desing For X). (Kalpakjian & Schmid 2006.)

DFX menetelmä on jaettu useaan eri osioon, joiden tarkoituksena on saada suunnittelija miettimään esimerkiksi tuotteen valmistettavuutta, kokoonpantavuutta, luotettavuutta sekä käytön jälkeisiä mahdollisimman vähäisiä toimia. Tämän opinnäytetyön lähtökohtina ovat valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen keskittyvät osiot, painopisteenä kuitenkin selkeästi helppo ja vaivaton valmistettavuus. Tällöin puhutaan termeistä DFM (Desing For Manufacturing) ja DFA (Desing For Assembly). (Kalpakjian & Schmid 2006.)

DFM eli Desing For Manufacturing paneutuu siis tuotteen valmistettavuuteen ja sen huomioon ottamiseen suunnitteluvaiheessa. Menetelmän avulla pyritään alentamaan valmistusvaiheessa aiheutuvia kustannuksia, joita tarkasteltaessa tulee huomioida sekä eri materiaaleista että valmistusprosesseista aiheutuvat kustannukset. Valmistuskustannuksiin vaikuttavat myös muut tekijät, kuten osien määrä, kappaleen rakenne, materiaalin ainevahvuudet, toleranssit. (Kuo, Huang & Zhang 2001; Timings & Wilkinson 2000.)

Desingn For Assembly (DFA) ajatus lähtee puolestaan liikkeelle tuotteen kokoonpanokustannuksista. Nämä pystytään minimoimaan suunnittelemalla kappale alusta asti tarkoituksenmukaisinta ja taloudellisinta kokoonpanojärjestelmää ajatellen. Ajattelun perustana on, että kokoonpano vaiheessa kokoonpantavat kappaleet ovat valmiita eivätkä kaipa enää työstöä.

## **4 OHJEET JA PARANNUSEHDOTUKSET KONEISTUKSEEN**

Tässä luvussa on käsitelty koneistustöiden osalta keskeisimpiä asioita, joita suunnittelijan tulisi ottaa huomioon. Huomionarvoisia asioita on paljon, ottaen huomioon koneistustöiden laajuuden. Tämän vuoksi tähän on lueteltu tärkeimmäksi katsomani seikat, joihin törmätään aika ajoin.

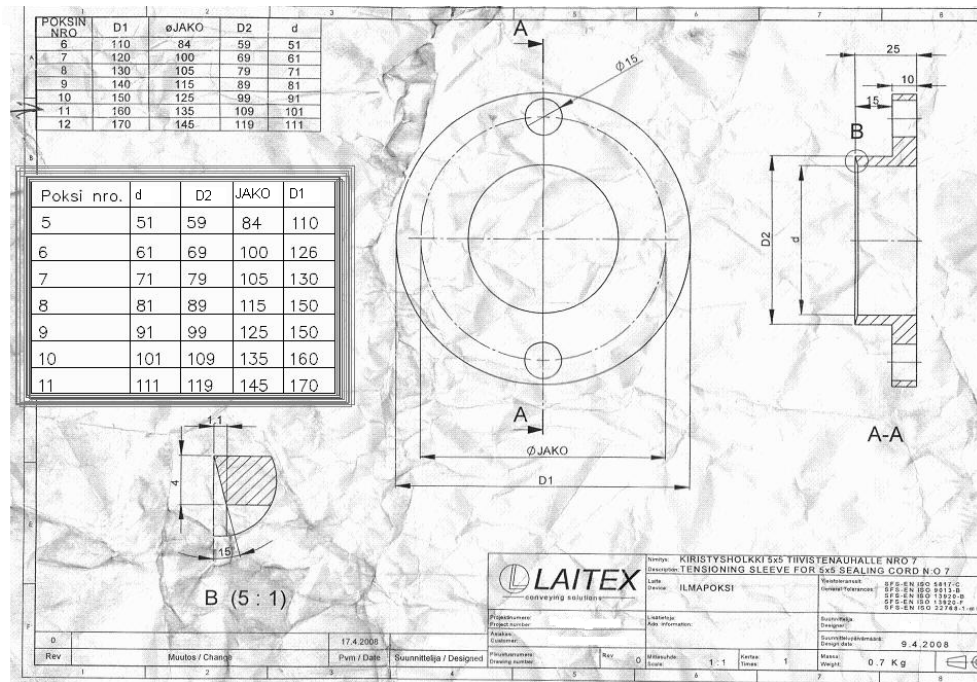
Ongelmallisimmiksi tilanteiksi ovat muodostuneet raaka-aihion valinnat, kappaleiden työvarat ja virheelliset valmistuskuvat. Jokaisesta aiheesta pyritään esittämään esimerkki ja parannusehdotukset voi lukea ohjeina.

### **4.1 Valmistuskuvat**

Valmistuskuvissa esiintyvät virheet ovat yleensä hankalia havaita, ennen kuin on liian myöhäistä. Kuvat tulisi aina tarkistaa ennen niiden päästämistä tuotantoon. Virheet on yleensä vaikea korjata, kun kappale on jo valmistettu.

Seuraavassa kuvassa 1 on hyvä esimerkki siitä, että vain pienikin merkintävirhe voi johtaa vääränlaisten kappaleiden valmistukseen. Esimerkissä oleva kuva on päättynyt lukuisia kertoja uudestaan ja uudestaan tuotantoon, sillä se niin sanottu standardi kuva, joka on tallennettu serverille lukuisten eri projektien alle.





Kuva 1 Poksipesän valmistuskuva (Laitex Oy.)

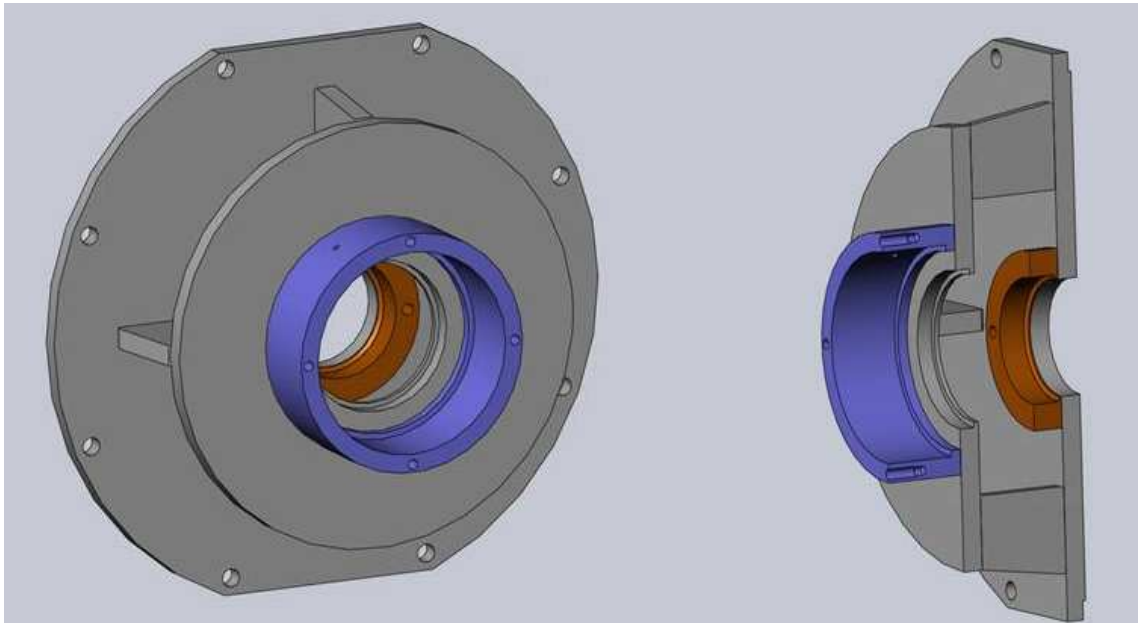
Kuvasta 1 nähdään, kuinka valmistuskuvan oikean mittaluettelon numerointi heittää yhdellä yksiköllä. Tämän johtaa siihen, että haluttu poksipesä on aina liian pieni. Tämän seurauksena sitä ei voida käyttää ja joudutaan valmistamaan uusi. Kuvaan on liitetty ja kehystetty oikea numerointi väärän taulukon ala puolelle.

Yksinkertainen ratkaisu tähän valmistuskuvien piirtämiseen on suunnittelijoiden tarkempi huolellisuus. Väärät kuvat tulee poistaa serveriltä heti, kun ne löydetään. Kaikki standardikuvat mukaan lukien valusulkusyöttimien valumallien kuvat tulisi käydä myös läpi.

## 4.2 Polttoleike vs. ainesputket

Valittaessa raaka-aineen aihioita (polttoleikettä tai ainesputkea) kannattavampi ja tuottavampi tapa riippuu yleensä monesta seikasta. Näitä ovat kappalemäärät, halutut työvarat ja tuleva materiaalihukka. Laitex Oy:llä on vähän tällaisia tapauksia, jossa joudutaan miettimään levyraaka-aineen ja ainesputken välillä.

Yhtenä esimerkkinä voidaan pitää teräksestä valmistettavien sulkusyöttimien poksipesien ja laakeripesien aihioita (kuva 2). Laitex Oy:llä näitä edellä mainittuja komponentteja on valmistettu molemmista raaka-aihiosta. Ehdottomasti kannattavampi vaihtoehto näistä olisi polttoleike, koska se on helpompi ja nopeampi jatkojalostaa. Kuitenkaan aina ei ole mahdollista tilata aihioita polttoleikkeenä, vaan joudutaan tilaamaan kalliimpaa.



Kuva 2 Lsh500-sulkusyöttimen vapaapäätty (Laitex Oy)

Kuvasta 2 näkee poksipesän ja laakeripesän aihioiden sijainnin sulkusyöttimen päädyssä. Poksipesä on kuvassa väriltään kuparinen ja laakeripesä sinertävä. Laakeripesän ja poksipesän raaka-aihiaina voidaan käyttää ainesputkea tai polttoleikettä.

Esimerkkinä voidaan pitää Lsh500-poksipesän ahiota, jonka valmiit mitat ovat seuraavat: ulkohalkaisija 150 mm, reiänhalkaisija 89,2 mm ja paksuus 30 mm. Polttoleikkaamalla 30 mm levystä ulkohalkaisija voidaan leikata kerralla valmiiseen mittaan. Polttoleikattavan levyn paksuuden ollessa 30 mm poksipesän paksuus tulee aina valmiiseen mittaan. Reikään voidaan jättää noin 6 mm työvara koneistusta varten. Tämän jälkeen tehdään m6 rasvareikä, jonka jälkeen kappale on valmis levysepälle ja hitsaukseen.

Vastaavaa kappaletta tehtäessä ainesputkesta täytyy kappale sahauksen jälkeen koneistaa joka puolelta ennen rasvareiän porausta. Poksien pesiä on monta eri halkaisijaa, joka puolestaan vaikeuttaa ainesputkien hankintaa. Poksipesän leveyden ollessa aina vakio helpottaa tilaamista polttoleikkeenä.

Kyseisen asian tiimoilta kysyttiin tarjoukset molemmille aihiovaihtoehdoille käyttämiltämme teräksen jälleenmyyjiltä. Tarjoukset kysyttiin 10 kappaleen sarjoina, joka aavistuksen pudottaa kappalehintaa. Lss500-poksin aihio polttoleikattuna Be Groupin kautta maksaa 13,5 euroa kappaleelta, sama ruostumattomana maksaa 54 euroa kappale. Ruostumattoman verrattain kallis hinta johtuu osaksi siitä, että aihio vesileikataan levystä.

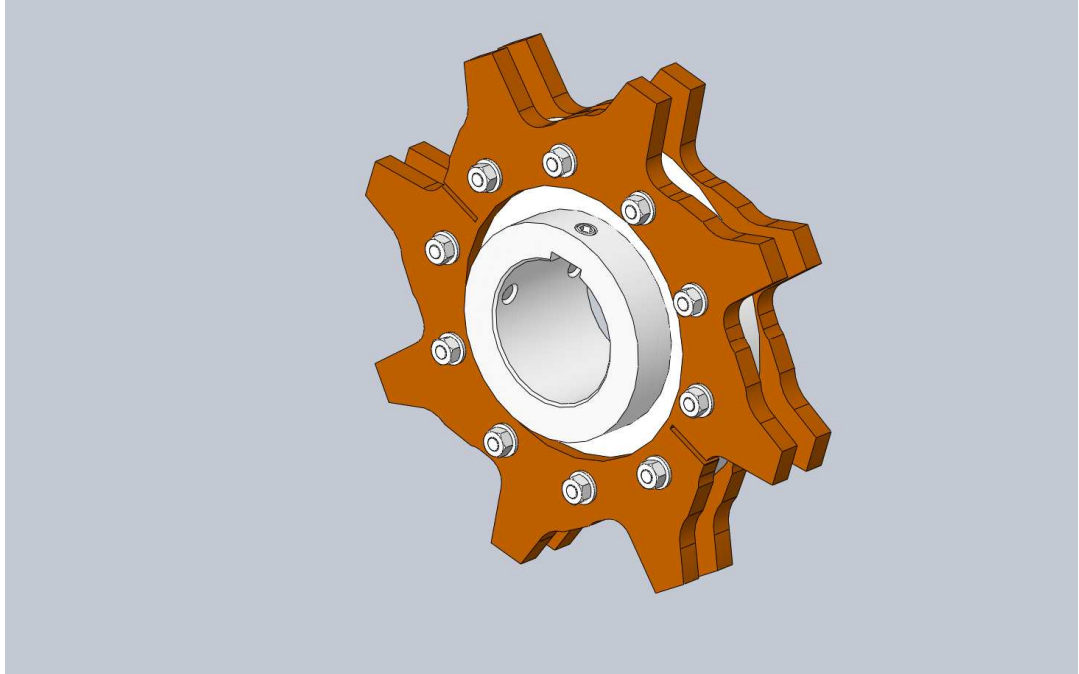
Ainesputkesta sahattu aihio maksaa 5,8 euroa kappale, ja ruostumattomasta teräksestä sama aihio maksaa 41,2 euroa kappale. Ainesputken halvemmassa hinnasta huolimatta aihioina kannattaa käyttää polttoleikettä, koska se ei teetä muuta työtä kuin rasvareiän. On syytä myös miettiä, että kyseisiä erikokoisia aihioita pitäisi varastossa, koska 100 kappaleen erä edellä mainittuja aihioita maksaa 8,12 euroa kappale. Samaa ohjetta voidaan noudattaa myös muissa vastaavissa tilanteissa, esimerkiksi sulkusyöttimen laakeripesissä.

#### **4.3 Kolakuljettimien ongelma kohdat**

Kolakuljetinta suunniteltaessa ja käytettäessä standardiosia jää helposti asioita huomaamatta. Esimerkkinä tästä voidaan pitää kolakuljettimen vetopyörää (kuva 3). Jos suunnittelussa oleva laite tulee raskaampaan käyttöön, kuin suunnittelu pohjana pidettävä laite, niin käy helposti skaalausvirheitä. Raskaampaan käyttöön tulevaan malliin tulee suuremmat laakerit. Näin ollen veto ja taittoakselien halkaisijat kasvavat. Yleensä käy niin, että veto- ja taittopyörien reikien halkaisijoita kasvatetaan mutta napa-aineen halkaisijaa ei kasvateta.

Ensimmäisenä valmistusvaiheessa huomataan, että vetopyörään tulevaa kilaauraa ei voida tehdä sen tullessa pyörän navasta ulos. Toinen epäilyttävä ja aikaa vievä kohta vetopyörässä on vaihdettavat kehät. Ajatus vaihdettavasta

hammaskehästä on hieno, mutta usein tai lähes poikkeuksetta asiakas tilaa kokonaisen pyörän. Hammaskehät voisi olla kiinni hitsaamalla, jolloin työläs Hardoxin poraaminen jäisi pois ja pultit jäisi hyllyyn.

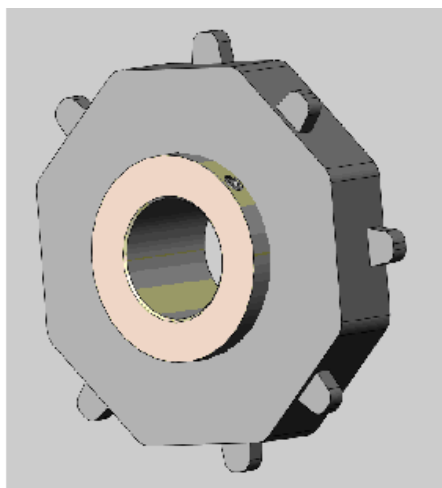


Kuva 3 Kolakuljettimen vetopyörä (Laitex Oy)

Kuvasta 3 ilmenee kolakuljettimen vetopyörän rakenne, jossa pultit voisi korvata hitsaamalla. Tämän ansiosta tuotanto jatkuisi niin kuin aiemmin ja asiakkaiden tarpeet tulisi täytettyä nopeammin. Mikäli pyörän perusosa ja kaksi ruskean väristä hammaskehää hitsattaisiin, pyörän rakennetta voisi yksinkertaistaa ja näin tuotanto nopeutuisi.

#### **4.4 Ainesputki/levypyöräyhdistelmän valmistus**

Ainesputki/levypyörä valmistetaan hitsaamalla. Työn helpottamiseksi on kehitetty jig, joita käyttämällä säästetään yksi työvaihe. Työn periaatteena on, että aineiden saapuessa Laitex Oy:lle, aihioita ei tarvitse esikoneistaa vaan ne vie-dään aluksi hitsarille. Hitsari kasaa ne jigissä ja tämän jälkeen hitsaa ne. Seuraavasta kuvasta 4 selviää levypyörän reiän halkaisijat ainesputken nimellisul-kohalkaisijoille.



navan ulko halk. 170mm.  
levypyörän reiän halk. 173mm.

Kuva 4 Kolakuljettimen taittopyörä ja taulukko polttoleikkeelle (Laitex Oy)

Ainesputken nimellis ulkohalkaisija (mm)	Polttoleikattavan levypyörän aihion reiän halkaisija.(mm)
100	103
110	113
120	123
130	133
140	143
150	154
160	164
170	174
180	184
190	195
200	205
210	215
220	225
230	235
240	245

Kuvasta 4 ilmenee kolakuljettimen taittopyörä, jonka harmaalle polttoleikeosalle on annettu viereisessä taulukossa reiänhalkaisijat. Taulukkoa voidaan käyttää myös muihin samalla levypyörä/ainesputki tekniikalla valmistettaviin yhdistelmiin.

#### 4.5 Materiaalien laadut ja niiden merkitys koneistuksen kannalta

Materiaalin laaduista puhuttaessa konepajateollisuuden yhteydessä tarkoitetaan pääsääntöisesti teräksen eri laatuja. Yleensä teräksen eri raaka-aineen valintaan vaikuttavat seuraavat seikat: käyttötarkoitus, hinta ja saatavuus. Asia ei kuitenkaan ole ihan näin yksinkertainen. Kun asiaa on vuosien varrella tutkittu hieman syvemmin, on huomattu, että on myös muita kriteereitä, joita tulisi ottaa huomioon ja jotka yleensä unohtuvat. Seuraavassa on lueteltu asioita, joita tulisi ottaa huomioon, kun tilataan raaka-aineita koneistustöihin.

Laitex Oy:llä tehtävien koneistustöiden materiaalit rajoittuvat 4 ryhmään. Seostamattomat teräkset eli niin kutsutut rakenneteräkset, ruostumattomat teräkset, kulutusteräkset sekä valurauta. Koneistustöiden kannalta ajateltuna eniten ollaan tekemisissä seostamattomien terästen kanssa.

Koneistustöissä teräksen raaka-aineet ovat yleisesti ottaen muodoltaan pyörötankoja tai ainesputkia myös hyvin yleisesti käytetään polttoleikeaihiota. Raken-

neteräksen yleisimmät laadut ovat s235 ja s355. Näiden numerosarjasta selviää aineen myötöraja, joka ilmoitetaan Newtonia/neliömillimetri. Laitex Oy:llä s235-terästä käytetään harvoin koneistustöissä, mutta poikkeuksia tapahtuu yleensä silloin, kun kappaleen aihio on polttoleike. Tämä on erittäin harmillista, koska aine on erittäin vaikeaa työstää.

Suurin ongelma työstettäessä on jatkolastu eli toisin sanoen lastu ei murru ja tämä johtaa kehnoon pinnanlaatuun ja laadullisesti huonoon lopputulokseen. Ainetta voidaan käyttää komponentteihin, jotka ovat laitteessa toisarvoisessa asemassa. Esimerkkinä tästä voidaan pitää sulkusyöttimen poksitiivistepesää, kun taas samaisessa sulkusyöttimen päädyssä oleva laakeripesä tuli valmistaa s355 materiaalista. Yksinkertaisinta aine olisi valita toleranssin mukaan, yli 0,1 mm salliva halkaisijan poikkeama antaisi luvan käyttää s235:tä materiaalina. Muissa tapauksissa aina s355.

#### **4.5.1 Pyörötankojen raaka-aineet**

Laitex Oy:llä käytettävät koneistettavat akselit ovat yleensä kuumavalssattuja pyörötankoa laadultaan s355. Kaikkien laitteiden käyttöakseleita ei voida eikä kannata valmistaa kuumavalssatuista raaka-aineista. Kuumavalssatun pyörötangon keho pinnanlaatu hankaloittaa akselin koneistusta varsinkin pitkissä kappaleissa. Poikkeuksetta yli 1,5 metrin pituiset akselit esikoneistetaan tukilaakerin varassa. Tukilaakerille täytyy koneistaa oma pinta akseliin ennen kuin akselin päähän voidaan tehdä tarvittavat koneistukset. Akselimateriaaleja tilattaessa voidaan käyttää sääntöä, että yli 2 metriä pitkät akselit tilataan kylmävedettyinä tai kuorisorvattuina. Tämä helpottaa koneistustyötä huomattavasti. Mikäli pyörötanko tilataan valmiiksi sahattuna jonkun tietyn käyttöakselin ahioksi valmistusmittaan lisätä työvara +3 mm.

#### **4.5.2 Työvarat**

Koneistuksella tarkoitetaan jonkin valmistettavan kappaleen eri pintojen työstämistä oikeisiin mittoihin ja muotoihin käyttäen lastuavia ja hiovia työmenetelmiä.

Laitex Oy:n koneistustyöt painottuvat lastuaviin menetelmiin, jossa työkoneiden ja niille tarkoitettujen työkalujen avulla kappaletta työstetään. Työvaroja tarvitaan raaka-aihioiden, joista koneistettuja koneen osia valmistetaan. Työvarat määräytyvät eri materiaaleille eri syistä. Esimerkiksi polttoleikattuihin sorvattaviin aihioihin tarvitaan työvaroja enemmän, jotta lastuamalla päästään käsiksi polttoleikatun kappaleen perusaineeseen. Liian pieni työvara voi johtaa raaka-aihion käyttökelvottomuuteen ja tätä kautta materiaalihukkaan. Kappale on myös hankala työstää, jos työvara on pieni, koska joudutaan työstämään karkeentunutta polttoleikkauspintaa.

Taulukko 1 Pyöreiden kappaleiden työvara taulukko

Kappaleen nimellis halkaisija.Ø (mm)	Kappaleen ulkohalkaisijaan lisättävä työvara. (Ø+mm)	Kappaleessa olevaan reikään lisättävä työvara. (Ø-mm)
0-50	5	6
50-100	5	7
100-150	6	8
150-200	8	8
250-300	8	10
350-400	8	10
450-500	8	10
550-600	8	10
650-700	8	12
750-800	8	12
850-900	10	12
950-1000	10	12

Taulukkoa 1 voidaan soveltaa kaikkiin muodoltaan pyöreisiin koneistettaviin kappaleisiin. Poikkeuksena kuitenkin on ainesputki/levypyöräyhdistelmät, joihin on annettu ohjeet erikseen.

#### 4.6 Standardiosien ja puolivalmiiden aihoiden alihankinta

Standardiosia tilattaessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin. Aluksi on mietittävä osien/kappaleiden määrällinen tarve. Tämän jälkeen on syytä miettiä, mikä on tilattavan kappaleen valmiusaste, eli tulevatko kappaleet täysin valmiina vai ”keskeneräisinä”.

Esimerkkinä voidaan käyttää B24 Z57-ketjupyörää, joka tulee varastohyllyyn puolivalmiina. Ketjupyörään on koneistettu 60 mm reikä toleranssiin H7 toleranssilla, joka kertoo siitä, että ketjupyörä on jo kerran käynyt sorvissa ennen Laitex Oy:lle tuloa. Ketjupyörän lopullinen reiän halkaisija on 95 % kolakuljettimissa 75 mm, 5 % tapauksista reikä on suurempi. Pitkällä tähtäimellä ajateltuna hammaspyörät voisi tilata valmiina, 15 mm halkaisijan kasvatus reiässä ei maksa niin paljon kuin uudelleen kiinnitys ja koneistus.

Valusulkusyöttimien valurautaosien hankinnassa tulisi kiinnittää huomiota työvaroihin. On todettu, että tiettyjen valumallien jäljiltä ei sulkusyöttimen päädyissä ole riittävästi työvaraa. Tämä johtaa siihen, että valmiisiin kappaleisiin joudutaan koneistamaan lisäosia (holkkeja). Valmistussarjojen ollessa 60 kappaleen luokkaa holkkikustannukset näyttelevät kohtalaista osaa valmistuskustannuksissa.

#### **4.7 Hihnakuljettimien telojen suunnittelu**

Hihnakuljettimen telan rakenne on yksinkertainen. Se koostuu kolmesta osasta akseli, laipat ja telaputki. Laipat voidaan liittää akseliin kutistesovitteella yleistä ohjetta noudattamalla tai hitsaamalla hitsausohjeiden mukaan.

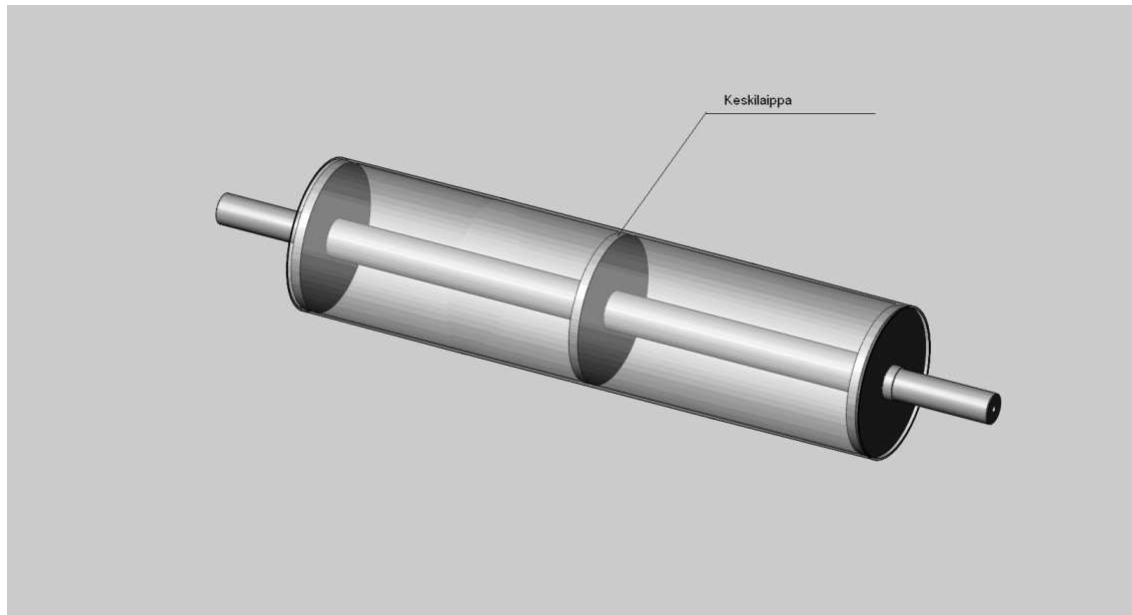
Jatkossa hihnakuljettimissa joiden telaputken pituus ylittää 600 mm, on aina käytettävä niin sanottua välilaippaa, joka tulee telaputken sisälle. Välilaippa tulee aina kiinni hitsaamalla, koska näin se on kustannustehokkain tapa valmistaa. Laippa hitsataan akseliin pienahitsillä ja telaputkeen tulppahitseillä.

Välilaipan mitoitus tulee suorittaa esimerkiksi seuraavasti: tela-akselin raakapinta on  $\varnothing 70$  mm ja putken nimellinen sisämitta on  $\varnothing 307$  mm. Polttoleikkaus koneelle tehtävälle polttomallille on annettava seuraavat mitat: reiän halkaisija  $\varnothing 71,5$  mm ja laipan ulkohalkaisija  $\varnothing 300$  mm.

Jos telaputki on pitempi kuin  $\leq 600$  mm, se alkaa resonoimaan sorvatessa, josta kärsii pinnan laatu ja mittatarkkuus. Usein on myös todettu valmiiksi sorvatussa telassa säteen suuntaista heittoa reilusti yli sallitun. Säteisheitto johtuu telaput-



ken lämpenemisestä sorvatessa, jolloin telaputki pitenee lämmöstä, kun taas telaputken sisällä oleva akseli ei pitene. Telan jäähtyessä vapautuu jännityksiä ja telan pintaan jää säteisheittoa. Kaikista näistä edellä mainituista ongelmista päästään käyttämällä keskilaippaa (kuva 5).



Kuva 5 Hihnakuuljettimen tela (Laitex Oy)

Kuvassa 5 on hihnakuuljettimen tela, jossa keskilaippa on paikallaan. Ideana on, ettei keskilaippaa tarvitse erikseen työstää vaan se voidaan käyttää suoraan polttoleikkeenä. Ainoastaan telaan tehdään tulppahitseille määrättyt reiät.

## 5 OHJEET LEVYTÖIHIN

Laitex Oy:llä levytyöt ovat monijakoisia, näin ollen työstettävien levyjen koko ja paksuus vaihtelevat aika lailla. Työstettävien levyjen paksuudet vaihtelevat 1 mm – 60 mm. Raakalevyjen koko on rajoittunut 2000 mm – 6000 mm. Tämä johtuu siitä, että suurempaa levyä ei voida työstää koneellisesti. Laiterepertuaariin kuuluu särmäyspuristin, levyleikkuri, polttoleikkauskone, kolme mankelia, lävistin, kaksi säteisporakonetta ja lukuisia pienempiä työstökoneita, joista mainittakoon esimerkiksi magneettipora ja käsijyrsin.

Levytöiden osalta on vaikeaa antaa suoranaisia toiminta-ohjeita, pikemminkin nyrkkisääntöjä ja työpaikan sisäiseksi standardiksi muodostuneita seikkoja voidaan listata. Koneiden osalta ja niillä työstämiseen liittyen voidaan todeta tiettyjä rajoittuneisuuksia levykokojen ja työstettävän kappaleen lopullisen muodon osalta.

### 5.1 Levyntyöstökoneiden suoritus arvot

Tässä osiossa on käsitelty Laitex Oy:n levyntyöstökoneita sekä levytöille ominaisia mittoja. Osaksi näiden mittojen puitteissa laitteita on suunniteltava, mikäli laitteet valmistetaan Laitex Oy:n konepajassa. Jokaisesta levyntyöstökoneesta on luotu oma taulukko, josta käy ilmi koneen työstöarvot.

#### **Levyleikkuri Aliko**

- leikattavan Levyn Maksimileveys on 3000 mm
- maksimipaksuus s355 teräksellä on 12 mm
- maksimipaksuus Rst-teräksillä on 10 mm

## Särmäyspuristin Aliko

0 - 8 mm levyjen maksimisärmäysleveys on 3000 mm. Mikäli särmättävä kohta on yli 250 mm levyn reunasta, on maksimi särmäyspituus 2500 mm 10 – 12 mm levyjen maksimi särmäysleveys on 1500 mm.

Taulukko 2 Särmäyspuristintaulukko

Levyn paksuus (mm)	Minimi mitta levyn reunasta särmättävään kohtaan (mm)	Särmäyksessä syntyvä pyöristyssäde(mm)
0-3	15	3
4	25	4
5-6	35	6
8-10	55	10
10-12	90	15

Taulukosta 2 selviää minimimitta särmättävään kohtaan levyn reunasta sekä särmäyksestä levyyn syntyvä pyöristyssäde. Nämä mitat ovat oleellisia arvoja, kun suunnitellaan kuljettimien levytyökuvia.

## Lävistin Grönbloom

Lävistin nopeuttaa reikien tekoa, mutta koneen rakenne rajoittaa reikien teon pelkkiin levymäisiin pintoihin. Seuraavasta taulukosta 3 nähdään lävistimellä saavutettavat reiän halkaisijat verrattuna maksimilevynpaksuuteen. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että levyn paksuuden on oltava aina pienempi kuin lävistin terän halkaisija. Ruostumattomia teräksiä voidaan lävistää ainoastaan 10 mm levyn paksuuteen.

Taulukko 3 Lävistintaulukko

Lävistimen halkaisija (mm)	Lävistettävän levyn (max)paksuus s355 (mm)	lävistettävän levyn (max) paksuus Rst(mm)
6	5	3
8	6	5
10	8	6
12	10	8
14	12	10
15	12	10
18	15	10
20	15	10
23	20	10
25	20	10
27	25	10
30	25	10
Pitkän malliset lävistimet (mm)		
14*28	12	8
10*30	8	8
13*30	10	8
18*26	15	8

Taulukosta 3 voidaan lukea lävistimen halkaisija levynpaksuuteen nähden. Taulukossa esitetyistä levyistä s355 on perusrakenneteräs ja Rst on ruostumatontetras.

### Levymankele

Mankeli on levyntööstökone, jolla voidaan tehdä suorista levyaihoista lieriömäisiä kappaleita. Mankelin koostuu pääosin kolmesta rullasta, joiden välissä levyä ajetaan edestakaisin ja samanaikaisesti ylätelalla pakotetaan levyä, jolloin levy alkaa kääntyä lieriöksi. Mankelilla työstäessä on muistettava seuraavat asiat. Mitä paksumpaa tai kovempaa työstettävä materiaali on, sitä kapeampi ja suurempi halkaisija tulee valmiiseen kappaleeseen.

Laitex Oy:n mankelilla saavutettavat Ääri mitat ovat seuraavat

- Maksimi levyn leveys on 3000 mm.
- Pienin saavutettava lieriön halkaisija on 350 mm levyn paksuuden ollessa 3 mm.

Taulukko 4 Levymankelitalukko

Mankeloitavan levyn haluttu halkaisija	Maximi levyn paksuus (mm)	Maximi levyn leveys s355 (mm)	Maximi levyn leveys Rst(mm)
600	6	3000	3000
600	8	3000	2000
600	10	2000	1500
600	12	1500	1000

Taulukossa 4 on kerrottu levymankelin työstö arvot, joita tarvitaan suunniteltaessa lieriön mallisia kappaleita. Levynpaksuuden kasvaessa mankeloitavan lieriön leveys pienenee.

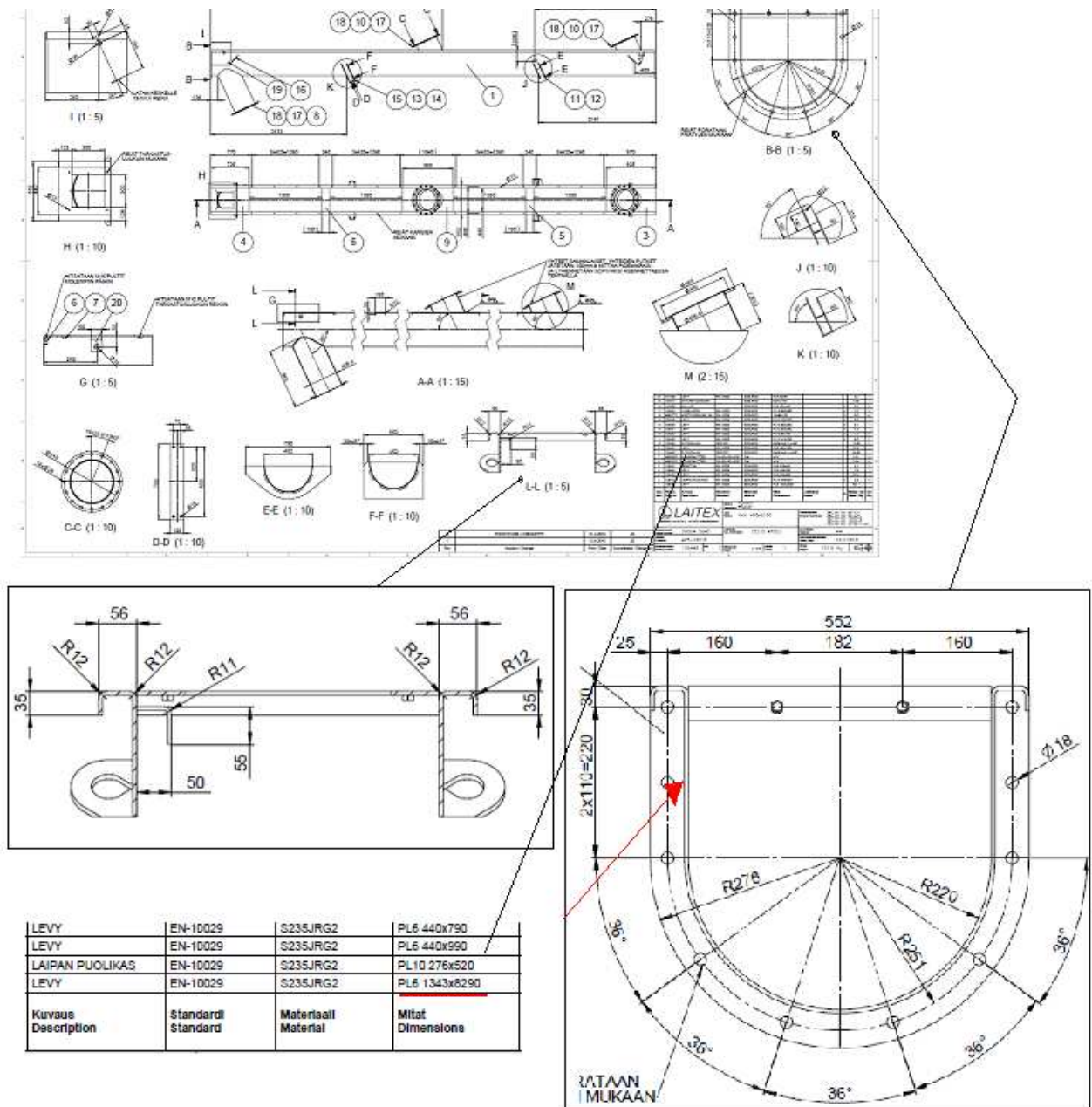
## 5.2 Taivutusten oikaistupituus

Ennen taivutuksen suorittamista täytyy levytuotteelle määrittää niin kutsuttu oikaistupituus. Suurien taivutussäteiden ( $r > 50 \cdot \text{levynpaksuus } S$ ) tapauksessa neutraaliakseli on taivutetun levyn keskellä, jolloin pituus taivutettuna vastaa oikaistua pituutta. Näin ei kuitenkaan ole pienillä taivutuskulmilla, vaan taivutuskohdassa levyn sisäpinta puristuu kokoon vähemmän kuin ulkopinta venyy. Näin ollen neutraaliakselin siirtyessä levy pitenee. (Karppinen 1986, s. 15.)

Oikaistun pituuden laskenta on ollut kiistan alainen aihe niin pitkään, kuin konepaja töitä on tehty. Aiheesta on olemassa kaikenlaisia hienoja kaavoja, joilla taivutettavan kappaleen niin sanotun neutraaliakselin voi laskea. Jokaiselle taivutettavalle kappaleelle voidaan laskea neutraalinakselin pituusmitta, joka on tärkeä taivutettavaa aihiota leikatessa. Nykyisillä suunnitteluohjelmilla suunniteltaessa kone laskee oikaistun pituuden automaattisesti, ottamatta huomioon työmenetelmiä ja muita tuotannossa toimiviksi osoittautuneita mittaustapoja.

Seuraavassa kuvassa 6 on esitetty Laitex Oy:n levyseppien laskentamalli ruuvikourun kouruprofiilin oikaistunpituuden laskennasta. Vertailun vuoksi on esitetty myös Solidworks ohjelmalla saatu oikaistu pituus. Työ on toteutettu myös käytännössä, osoittaen levyseppän laskentamallin oikeaksi. Ohje kuuluu, että kaikki 90° taivutusten oikaistut pituudet lasketaan taivutuksen sisäreunan mukaan. Kaikki pyöreän malliset taivutukset lasketaan keskilinjaa neutraaliakselina käyt-

täen. Solidworks-ohjelmaan tulee laittaa arvot, joilla oikaistunpituuden mitta täsmää levyseppien antamaan laskentamalliin.



Kuva 6 Ruuvikuljetinkourun levytyokuva (Laitex Oy)

Kuvassa 6 on levytyökuvasta suurennetut kohdat, joista voidaan laskea oikaistunpituus. Osaluettelosta on myös otettu suurennos, josta on alleviivattu aihion väärä koko.

### 5.2.1 Levysepän laskentamalli

Ruuvikuljettimen kourun puolipyöreä alaosa lasketaan alla olevasta kaavasta. Esimerkkitapauksessa neutraaliakselin on keskellä ja aineen vahvuus on 6 mm.

$$\frac{446mm * \pi}{2} \approx 700mm \quad (\text{Suutarinen 2010.})$$

Kourun muiden taivutusten oikaistu pituus lasketaan punaisen nuolen osoittamalta puolelta vähentäen mitoista ainevahvuus, joka on 6 mm.

$$(244mm * 2) + (44mm * 2) + (24mm * 2) = 624mm$$

Oikaistuksi pituudeksi saadaan näin 1324 mm. Kun taas ruuvikourun valmistuskuvan osaluettelon mukaan, saadaan pituudeksi 1343 mm.

## 6 OHJEET POLTTOLEIKKAUKSEEN

Polttoleikkauksessa leikkaavana elementtinä toimii haluttuun leikattavaan kapaleeseen suunnattu happisuihku. Leikattava materiaali kuumennetaan paikallisesti syttymislämpötilaansa polttokaasun avulla ja poltetaan sitten puhtaan hapen muodostaman kaasusuihkun vaikutuksella. Sula metalli poistetaan leikkusrailosta hapen kineettisen energian avulla. Polttoleikkaus kaasuina käytetään yleensä asetyleeniä, propaania tai metaania. (Aaltonen ym. 1997.)

Polttoleikkaukseen kohdistuvia ohjeita suunnittelun kannalta on vähän. Polttoleikkaukseen ja saavutettuun leikkauslaatuun on vaikea vaikuttaa suunnittelulla, ellei tietyillä suunnittelun antamilla mittasuureilla haluta vaikuttaa polttokappaleen mittoihin. Tiettyjä ajallisia etuja kuitenkin saavutetaan tuotantoystävällisellä suunnittelulla.

## **6.1 Ohjeet polttoleikattavien kappaleiden suunnitteluun**

Suunnittelijan polttokoneelle lähettämien kuvien tulee olla DXF-muodossa, muuten polttoleikkauskone ei avaa kuvia. Polttoleikattavien aihoiden levykokoihin tulee kiinnittää huomiota. Työpaikkakohtaisena nyrkkisääntönä on sovittu maksimi levykooksi 25 mm. Paksuimmat polttoleikkausaihiot tilataan alihankintana.

Laitteita suunniteltaessa levynpaksuuksia kannattaa yhdenmukaistaa, näin säästetään aikaa ja työkustannuksia. Esimerkkinä voidaan pitää ruuvikuljettimen akseleiden laippoja, jossa vetopäähän tulevat laipat on suunniteltu 25 mm levystä ja vapaanpään laipat 20 mm levystä. Polttoleikkaajalta kuluu täysin turhaa aikaa siihen, kun hän vaihtaa levyn polttopöydälle ja mitoittaa levyn polttoleikkauskoneen ohjainlaitteelle. Huomioitavaa on myös, että toinen levyistä voi olla ulkovarastossa, jolloin aikaa tuhraantuu vieläkin enemmän. Molempien akselien laipat voidaan suunnitella 25 mm levystä, koska materiaalista tullut häviö on pienempi, kuin tuottavasta työstä pois jäänyt aika.

## **6.2 Polttoleikatut reiät**

Kiinnitysreikien valmistus polttoleikkaamalla on hyvä ja nopea tapa. Polttoleikatuja kiinnitysreikiä esiintyy muun muassa ruuvikuljettimien päädyissä. Reikien tarkoitus on säästää aikaa ja vaivaa levysepäntöissä, jolloin sepän ei tarvitse mitoittaa eikä porata kiinnitysreikiä. Näin käy kuitenkin valitettavan harvoin. Kiinnitysreiät on polttoleikattu niin kuin pitää, mutta niihin ei mahdu pultti. Tästä seuraa kasa vioittuneita poranteriä ja tuntien turha työ. Tämä johtuu siitä, että polttoleikkauskone tekee rei'istä aina hiukan kartioita. Mikäli suunnittelija antaa polttoleikkaus malliin kiinnitysreiän halkaisijaksi 18 mm, on lopputulos yleensä se, että kappaleen toiselta puolelta reiän halkaisija on vain 16,5 mm. Tämä johtaa siihen, että esimerkiksi halkaisijaltaan 600 mm kehällä oleviin kiinnitysreikiin ei kokoonpano vaiheessa mahdu pultit.



Taulukko 5 Polttoleikkausreikien taulukko

Pultin halkaisija (mm).	Polttoleikkaus koneelle ilmoitettava reikä koko (mm)	Poran koko levytöissä(mm)	Poran koko koneistustöissä(mm)
m6	9	8	8
m8	11	11	10
m10	13	13	12
m12	15	15	14
m16	19	19	18
m20	23	23	22
m24	27	27	26
m30	34	33	32

Taulukosta 5 nähdään polttoleikkausmallille annettavat reikäkoot pulttikokoon nähden, kun piirretään polttoleikkausmallia. Taulukosta selviää myös työkuviin annettavat reikäkoot haluttuun käytettävään pulttiin nähden.

## 7 HITSUKSEEN LIITTYVÄT OHJEET

Tässä osiossa käsitellään hitsausta yleisesti ja Laitex Oy:n hitsaustöissä esiintyviä ongelmia. Laitex Oy:llä tehtävistä hitsaustöistä noin 90 % tehdään mig/mag-hitsausmenetelmällä, jonka mukana tuomiin ongelmiin tässä kappaleessa paneudutaan. Hitsaustyössä yleisimmin esiintyvät ongelmat ja puutteet ovat luoksepäästävyys, puutteelliset hitsausmerkinnät ja hitsausrillon muotoon liittyvät seikat.

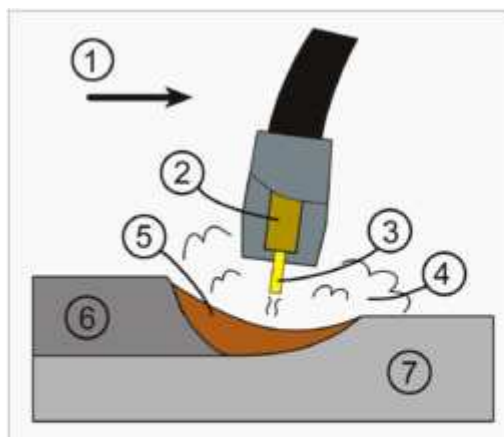
### 7.1 Mig/mag-hitsauksen toimintaperiaate

MIG/MAG-hitsaus eli metallikaasukaarihitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleen välissä. Sula metalli siirtyy pieninä pisaroina langan päästä hitsisulaan. Langan-syöttölaite syöttää tasaisella nopeudella hitsauslankaa hitsauspistooliin ja siitä edelleen valokaareen.

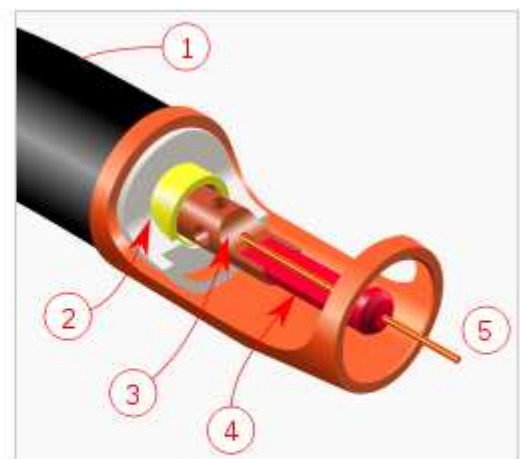
Termit MIG ja MAG tulevat englanninkielisistä sanoista Metal-Arc Inert Gas Welding ja Metal-Arc Active Gas Welding. Usein näistä hitsausprosesseista käytetään vain yhtä yleisnimitystä MIG-hitsaus.

Hitsauksessa tarvittava lisäaine on ohut kelalla oleva lanka, jota kutsutaan usein myös umpilangaksi vastakohtana täytelangalle. Yleisimmät langanhal- kaisijat ovat 1,0 ja 1,2 mm, mutta myös ohuempia ja paksumpia lankoja käyte- tään. Yleisin kelapaino on 18 kg. Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräslan- gat ovat yleensä pinnaltaan kuparoituja. Hitsauslankojen kemialliset koostu- mukset vastaavat yleensä hitsattavan teräksen koostumusta.

Mighitsauksen etuja ovat muun muassa jatkuva lisäainelanka, mekanisoinnin ja automatisoinnin helppous, kuonaton, lisäaineen korkea riittoisuus, hyvä tuotta- vuus, laaja hitsausarvojen säätömahdollisuus ja halpa lisäaine. Käyttöalue al- kaa noin 1 mm aineenpaksuudesta lähtien. Hitsauslaitteisto on huomattavasti monimutkaisempi kuin puikkohitsauslaitteisto sekä vaatii enemmän huoltoa ja kunnossapitoa. MIG/MAG-hitsaus on yleisin hitsausprosessi robottihitsaukses- sa.



Kuva hitsistä (1) hitsaussuunta, (2) lankasuutin, (3) lisäainelanka, (4) suojakaasu, (5) hitsisula, (6) hitsi, (7) perusaine



MIG/MAG-hitsauspolttimen aukileikkauskuva (1) polttimen kaula, (2) eriste (valkoinen) ja kierreholkki (keltainen), (3) kaasunhajotin, (4) virtasuutin, (5) kaasusuutin

Kuva 7 Hitsaustapahtumasta ja hitsauspolttimen kärjestä (wikipedia)

Kuvassa 7 on demonstroitu hitsaustapahtumaa ja leikkauskuva hitsauspolttimen rakenteesta. Kuvien alla on numeroidut selitykset kuvan tapahtumille.

## 7.2 Hitsausmerkinnät ja ohjeet lyhyesti

Hitsausmerkinnöistä on luotu omat työpaikkakohtaiset standardimerkinnät, joita tulee käyttää työkuviissa. Kaikista hitsaustöistä on tehty hitsausohjeet eli WPS (tulee sanoista Welding Procedure Specification), joka tarkoittaa standardia SFS-EN 288-2.

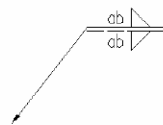
Hitsausohjeet laatii hitsauskoordinaattori, jolla on siihen vaadittava pätevyys. Seuraavassa kuvasarjassa (kuvat 8-11) kerrotaan hitsien oikeanlainen merkitätapa valmistuskuviin.

### HITSAUSMERKINNÄT, PIENAHITSIT

#### Pääsäännöt:

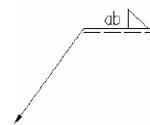
Pienahitsi hitsataan aina kun mahdollista kahdelta puolelta. Jos tämä ei käytännön syistä (tila, rakenne) ole mahdollista, hitsataan poikkeuksellisesti vain yhdeltä puolelta.

#### Pienahitsi molemmin puoli



a = pienahitsi, merkissä aina a

#### Pienahitsi yhdeltä puolelta



b = a-mitan suuruus eli lukuarvo

Esimerkki kuvaan:

Kuva 8 Hitsausmerkintäohjeet pienahitsille (Laitex Oy)

Kuvasta 8 selviää pienahitsin oikea merkintätapa. Tästä lähtien Pienahitsit tulee merkitä valmistuskuviin yllä olevan kuvan esimerkin mukaan.



#### PIENALIITOSTEN a-MITAT

Pienaliitoksen a-mitta yhdeltä puolelta hitsattaessa on 0.7 x pienemmän levynvahvuuden aineenvahvuus pyöristettynä ylöspäin

Esimerkiksi: Liitos  $s=10\text{mm}$  ja  $s=8\text{mm}$

$$a\text{-mitta} = 0.7 \times 8\text{mm} = 5.6\text{mm} = 6\text{mm}$$

Pienaliitoksen a-mitta kahdelta puolelta hitsattaessa on 0.7 x pienemmän levynvahvuuden aineenvahvuus jaettuna kahdella pyöristettynä ylöspäin

Esimerkiksi Liitos  $s=10\text{mm}$  ja  $s=8\text{mm}$

$$a\text{-mitta} = 0.5 \times 0.7 \times 8\text{mm} = 2.8\text{mm} = 3\text{mm}$$

Ohuemman levyn aineenvahvuus	a-mitta molemmin puolin hitsattaessa	a-mitta hitsattaessa yhdeltä puolelta
3	3	3
4	3	3
5	3	4
6	3	5
8	3	6
10	4	7
12	4	9
14	5	10
15	5	11
16	6	12
20	7	14

#### YLI 20mm AINEENVAHVUUKSIA HITSATTAESSA MIETITÄÄN HITSAUSOHJEET TAPAUSKOHTAISESTI (MM. AKSELI-LAIPPA –LIITOKSET, KETJUPYÖRÄT)

Kuva 9 Pienahitsiliitosten a-mitat (Laitex OY)

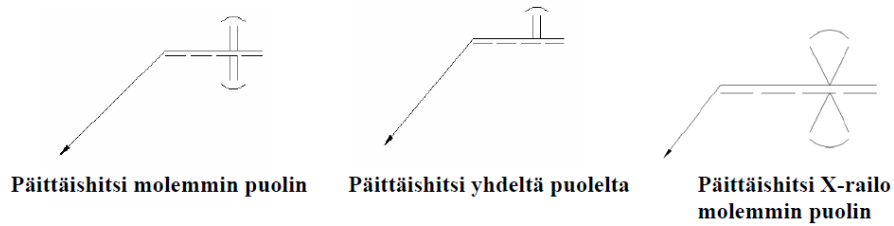
Kuvasta 9 selviää pienaliitosten oikeanlainen a-mitan laskentatapa. Kuvassa on myös taulukko, josta selviää a-mitta kaikille alle 20 mm paksuisille levyille.

## HITSAUSMERKINNÄT, PÄITTÄISHITSIT

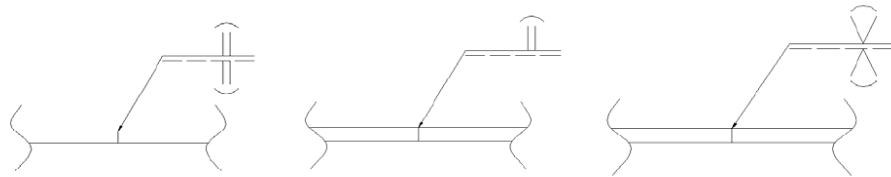
### Pääsäännöt:

**Materiaalivahvuuden ollessa alle 8mm** päittäishitsi hitsataan kahdelta puolelta suoralla railolla. Jos tämä ei käytännön syistä (tila, rakenne) ole mahdollista, hitsataan poikkeuksellisesti vain yhdeltä puolelta.

**Materiaalivahvuuden ollessa 8mm tai yli** päittäishitsi hitsataan kahdelta puolelta X-railolla. Viisteen kulma on  $50^{\circ} - 60^{\circ}$ .



Esimerkki kuvaan:



Kuva 10 Päittäishitsin hitsausmerkinnät (Laitex Oy)

Kuvassa 10 on esitetty Laitex Oy:llä yleisimmin käytettyjen päittäishitsien oikeanlainen merkintätapa. Kuvassa on myös lueteltu säännöt, joita noudattamalla hitsausmerkinnät tulee tehdä valmistuskuviin.

### 7.3 Luoksepäästävyysongelmat

Luoksepäästävyydellä tarkoitetaan sitä, että kappaleessa esiintyy jokin hitsauksen kannalta epäedullinen muoto, profiili tai este, jolloin kappale on vaikea tai mahdoton hitsata. Epäedullinen muoto tai profiili voi estää hitsauspolttimen viennin oikeassa asennossa kappaleen lähelle, jolloin ei päästä haluttuun tai hitsausstandardit täyttävään lopputulokseen.

Esimerkkinä tästä voidaan käyttää kolakuljettimen runkoa, johon poistoyhteen laipan lähtö on kantattu itse kolakuljettimen runkorakenteeseen. Kyseinen yhde on mahdollista hitsata vain, jos laippa tehdään esivalmisteena ja hitsataan ja liitetään kolakuljettimen runko osaan hitsaamalla. Alla olevista esimerkki kuvista 11 ja 12 selviää, mitä tällä tarkoitetaan.



Kuva 11 Suunnitteluvirhe (Laitex Oy)

Kuten kuvasta 11 selviää, pienaa on mahdotonta hitsata, sillä hitsauspolttimella ei päästä oikeaan haluttuun asentoon. Vastaavanlaisia rakenteita ei pitäisi suunnitella, vaan laippa tulee valmistaa esivalmisteena.



Kuva 12 Suunnitteluvirheen korjaus (Laitex Oy)

Kuvassa 12 on sama kappale kuin kuvassa 11. Tässä kuvassa hitsauspolttimen asento on käännetty ylös osoittamaan kohtaa, jonne pienahitsi olisi voitu hitsata.



Kuva 13 Mig-hitsauspolttimen fyysiset mitat (Laitex Oy)

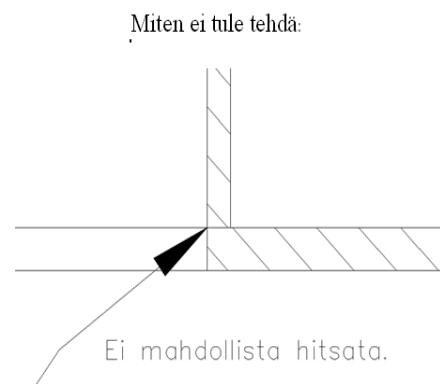
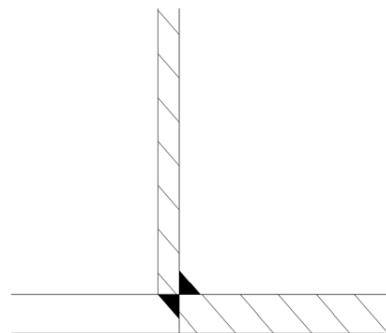
Kuvasta 13 näkyy perinteisen mig-hitsauspolttimen fyysiset mitat. Polttimen pystysuuntainen mitta on 12 cm ja vaakasuuntainen mitta on 35 cm.

## 7.4 Hitsausrailot

Kuljettimien laippojen ja runkoon tulevien tulo- tai poistoyhteiden liitoksiin tulee kiinnittää huomiota. Levyjen sijoittelulla on suuri merkitys hitsausta ajatellen. Joissakin tapauksissa levyt on miltei mahdoton hitsata, varsinkin ilman saumakohdan avausta. Levyjen oikeanlaisella sijoittelulla säästetään aikaa ja työtunteja. Seuraavista kuvista (14 ja 15) selviää, kuinka liitos tulee muodostaa.

Avainkohdat:

- Laipat kulmittain Helppo hitsata piena molemmin puolin
- Yhteessä reiän toleranssiin saadaan väljyyttä (vrt. upotettuun laippaan)



Kuva 14 Laippaliitokset kuljettimien rungoissa (Laitex Oy)

Kuvan 14 liitostapaa tulee käyttää, kun suunnitellaan kuljettimien yhteitä ja laippoja. Menetelmällä säästetään aikaa ja laatu paranee. Alla olevassa kuvassa 15 ei ole käytetty oikeanlaista liitostapaa.



Kuva 15 kuljettimen yhteen ja laipan välinen vääränlainen railo (Laitex Oy)

Kuten kuvassa 15 näkyy, nuolen kohdalla laipan tulisi olla kulmittain. Tällöin laippa ja levy voitaisiin hitsata pienalla molemmin puolin.

## **7.5 Akselilaippaliitokset**

Akselilaippaliitoksia on Laitex Oy:llä kahdenlaisia. Niitä ovat kutistusliitos ja hitsausliitos. Seuraavassa käsitellään näille kahdelle liitostyypille ominaisia seikkoja.

### **7.5.1 Kutistusliitos ja hitsausliitos**

Kutistusliitoksesta on monia etuja. Merkittävimmät edut saavutetaan silloin, kun on kyseessä runsaasti seostettuteras, sillä se ei siedä hitsauksesta koituvia epäjatkuvuuskohtia ja mahdollisia karkenemisiä. Hitsattu laippa-akseliliitos ei siedä myöskään pitkää väsyttävää kuormaa verrattuna kutistusliitokseen. Kutis-



tusliitoksessa on myös muita hyviä puolia, kuten helppo ja nopea valmistettavuus.

Vertailukohtana voidaan pitää ruuvikuljettimen käyttöakselia, joita tehdään kutistusliitoksena sekä hitsausliitoksena. Kutistusliitoksella toteutettava akseli voidaan koneistaa valmiiksi esirouhinnan jälkeen, kuten myös akselille lämmitettävät laipat. Hitsausliitoksella toteutettava akseli sekä hitsattavan laipan reikä esirouhitaan ja tämän jälkeen hitsataan. Vasta kaiken tämän jälkeen kappale voidaan koneistaa valmiiksi.

Kutistusliitoksen tekeminen on siis hitsauksen ja hitsin jäähtymisen verran halvempaa. Kutistusliitoksella säästetään myös yksi koneeseen kiinnittämiskerta. Ohjeena voidaan pitää sitä, että kutistusliitosta tulee käyttää aina, kun se on mahdollista.

### **7.5.2 Kutistusliitoksen valmistusohjeet**

Kutistusliitoksen tekemiseen sisältyy muutama tärkeä seikka, kuten esimerkiksi liitospinnoissa tulee olla hyvä pinnanlaatu. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että ainoastaan 100 mm ja suuremmat akselilaippaliitokset voidaan valmistaa kutistusliittämällä. Tämä johtuu siitä, että liitospinnan pinta-alan on oltava riittävän suuri ilman, että laippa jouduttaisiin valmistamaan kohtuuttoman paksusta materiaalista.

Liitoksissa, joiden pitää siirtää suuria vääntömomenteja, tulee käyttää toleranssiparia u6/H7. Liitoksissa, joihin kohdistuu pienempiä rasituksia, voidaan käyttää toleranssiparia p6/H7. Esimerkkinä voidaan pitää tiivisteille tarkoitetut kulu-tusholkit. Kutistusliitosta tehtäessä lämpötilaeroon voidaan käyttää seuraavaa nyrkkisääntöä, että 100 mm pyöröteräs kasvaa 0,1 mm 100 asteen lämpötilassa.

Seuraavaksi on esitetty yksinkertainen johdettu laskentamalli kutistusliitoksen vääntömomentin kestosta. Siinä on myös tarvittavasta lämpötilaerosta kaava,

joka tarvitaan liitoksen tekemiseen. Laskuissa on käytetty tekaistuja lukuja. Suunnittelijoiden tulisi merkitä valmistuskuvaan kutistusliitoksen kokoamisessa tarvittu lämpötilaero. Näin ollen asentajan ei tarvitse joka kerta kuumentaa laippaa maksimi +350 asteeseen. Asentajilla ja levysepillä on käytössä lämpötilaliitokset, joilla laipan lämpö voidaan todeta.

## 1. Pintapaineen laskenta

$\sigma$  = puristus, 2= vakio,  $\sigma_p$  = Pintapaine, d1= laipanreiän halkaisija, E= Kimmo-  
moduli josta voidaan käyttää arvoa 210000 N/mm<sup>2</sup>  
LS= laipan ulkohalkaisijan ja reiänhalkaisijan suhde.

$$LS = \frac{100}{50} \Rightarrow 2$$

$$\sigma = \frac{2 * \sigma_p * d1}{E} * \left( \frac{LS * LS}{LS * LS - 1} \right) \Rightarrow 0,035mm = \frac{2 * \sigma_p * 40mm * 2}{210000} \Rightarrow$$

$$\sigma_p = \frac{0,035 * 210000}{2 * 50 * 2} \approx 37 N / mm^2$$

(Jurvanen 2008.)

## 2. Vääntömomentti joka voidaan siirtää

M= momentti,  $\mu$  =kitkakerroin josta voidaan käyttää arvoa 0,35 teräksellä L= laipan leveys, d= laipan reiänhalkaisija , pintapaine  $\sigma_p$  =37 N/mm<sup>2</sup>, 2= vakio

$$M = \frac{\mu * \pi * (d * d) * 40 * 37}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{0,35 * \pi * (50 * 50) * 40 * 37}{2} \approx 2035 Nm$$

Momentinsiirtokyvyksi saadaan 2035 newtonmetriä. (Jurvanen 2008.)

### 3. Tarvittava lämpötilaero liitoksen kokoamiseksi.

Rakenneteräksen maksimi liittämislämpötila on +350 °C.

Laskentamallin luvut ovat tekaistuja, mutta suuntaa antavia noin.100mm. u6/h7  
kutistusliitoksesta.

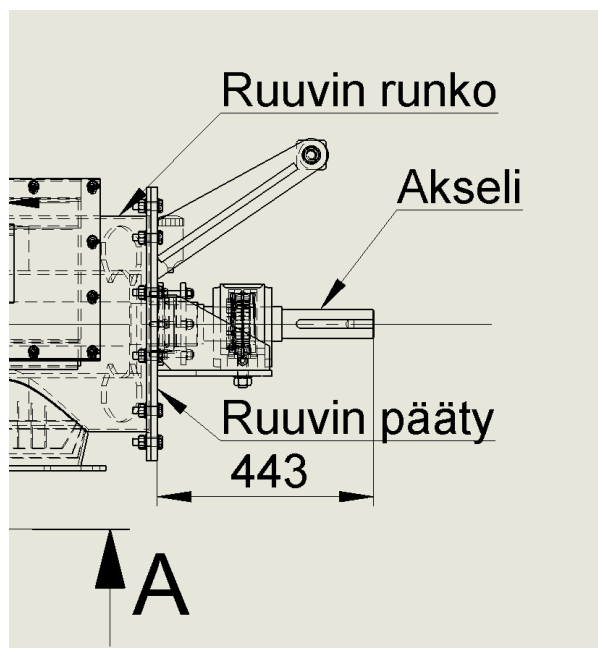
Le= tarvittava lämpötilaero, Pu= nimellisen ahdistuksen yläraja noin 0,2 mm.  
Sk= pienin tarvittava asennusvälys, suositus on  $Sk=d/1000$ , jossa d(mm). a=  
lämpöpitenemiskerroin joka on 0,000011, d= liitoksen halkaisija.

$$Le = \frac{Pu + Sk}{a * d} \Rightarrow \frac{(0,2mm + 0,1mm)}{(0,000011 * 100mm)} \approx \underline{273^{\circ}C}$$

Lämpötila eroksi tarvitaan siis 273 °C (Jurvanen 2008.)

## 8 KOKOONPANO JA ASENNUSTYÖT

Kokoonpanolla tarkoitetaan laitteen valmistusprosessin loppupäätä, jossa laite kasataan ja viimeistellään. Kokoonpanotyön jälkeen jää jäljelle enää pakkaaminen, joka on laitekohtaista ja riippuvainen laitteen lopullisesta määränpäästä. Asennustöiden osalta ohjeet kohdistuvat kokoonpanokuvien mitoituksellisiin seikkoihin, leikkauksiin ja kuvamerkintöihin. Osion lopussa käydään läpi parannus ehdotus vaihdemoottoreiden ulosvetotyökalusta.



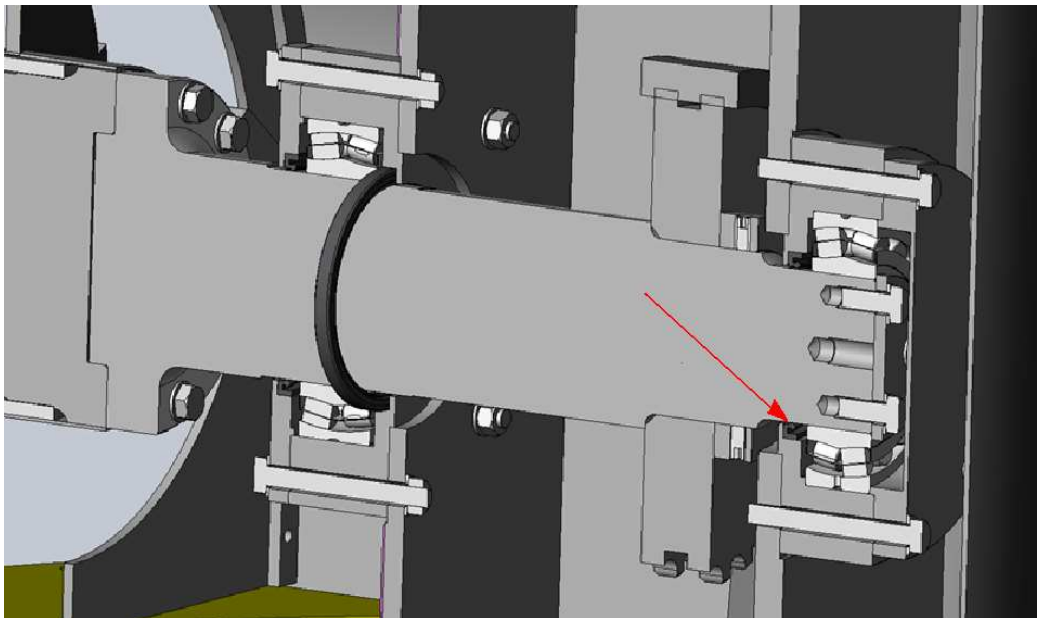
Kuva 16 Leikkaus ruuvikuljettimen kokoonpanokuvasta (Laitex Oy)

Yllä oleva kuva 16 on leikkaus Laitex Oy:n ruuvikuljettimen kokoonpanokuvasta. Kokoonpanotyön kannalta ”tärkein” mitta on ruuvin päädyn ja akselinpään välinen mitta 443mm, joka määrittää ruuvin aseman ja laakerit saadaan kiristettyä. Mitan täytyy näkyä jokaisessa ruuvikuljettimen kokoonpanokuvassa. Mikäli mitta arvioidaan tai laitetaan ruuvi ”noin” keskelle ruuvinrunkoa niin, seurauksena voi olla, ettei vaihdemoottorissa ja ruuvinpäädyssä olevat momenttituen korvalliset osu kohdakkain.

## 8.1 Leikkaus-ja detailikuvat

Kokoonpanotöitä tehdessä tiettyjen laitteiden osalta kuvat on todettu puutteelliseksi, juurikin leikkausten ja detailsuurennusten osalta. Malliesimerkkinä voidaan pitää Laitex Oy:n valmistamia siilon pohjapurkaimia, joissa on erilliset koneistetut laakeripesät. Detailkuvissa tulisi näkyä stefojen asennussuunta eli kumminpäin tiiviste stefa laitetaan laakeripesään. Toisen stefoista on oltava huuli ulospäin, jotta uutta rasvaa laitettaessa vanha rasva pääsee stefan huulen välistä ulos.

Samaa ohjetta voidaan soveltaa myös muihin laitteisiin, joissa akselin läpiviennit on tiivistetty stefoilla. Näitä käytetään esimerkiksi murskaimissa ja raskaissa sulkusyöttimissä. Oikein leikatut detailkuvat helpottavat asentajien työtä, eikä heidän tarvitse laitetta kasattaessa miettiä tai tehdä päätöksiä tällaisista asioista. Stefan huulen ollessa laakeripesän sisäpuolella rasva ei pääse ulos kuten alla olevassa kuvassa 18 näkyy. Käsillä puristettavalla rasvaprässillä saavutetaan 200 barin paine, jolloin tiivisteiden huuli voi kääntyä pois voitelutilasta.



Kuva 17 Detail leikkauskuva (Laitex Oy)

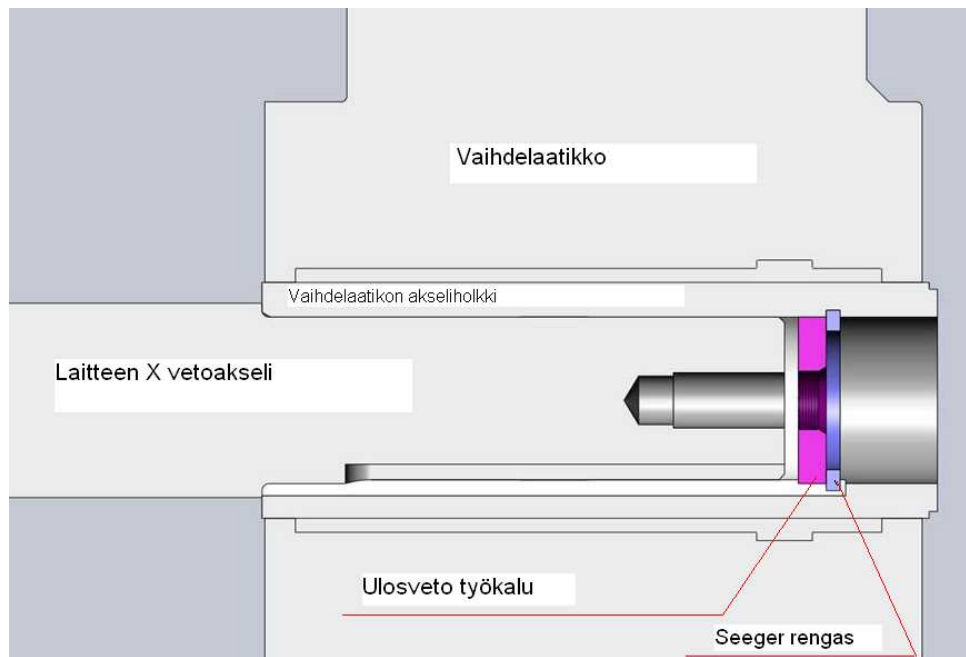
Kuvasta 17 näkyy detailleikkauskuva, joka kuuluisi olla jokaisessa tämän kaltaisessa laitteessa kokoonpanokuvien yhteydessä. Nuolella osoitetussa kohdassa

stefa on ”väärinpäin”. Mikäli stefan huuli osa tulee voideltavan tilan ulkopuolelle, tulee stefassa käyttää ruostumatonta huulenkiristysjousta.

## **8.2 Vaihdemoottorin ulosveto**

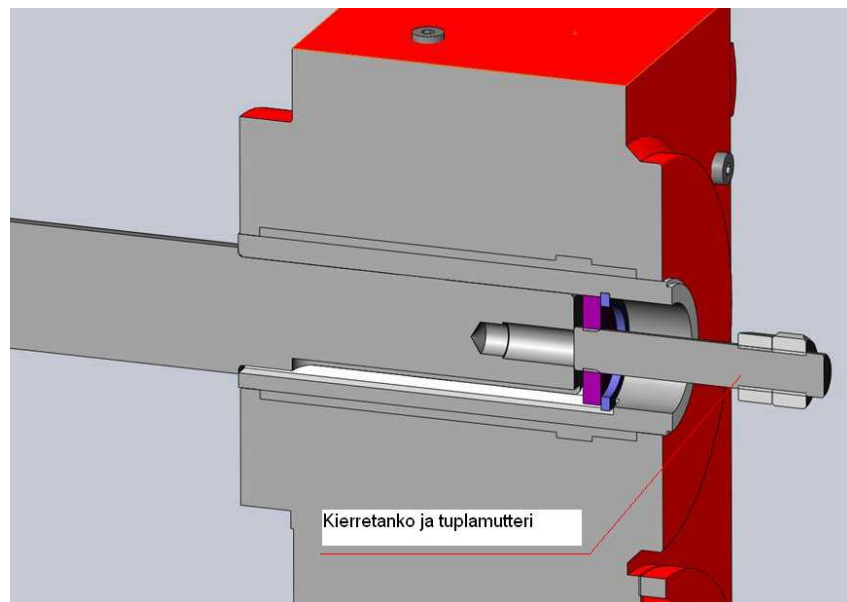
Kokoonpano-osastolla ja asennustyökohteissa yhdeksi hankalimmista töistä on muodostunut vaihdemoottorin irrottaminen. Ongelma ja ongelmakohdat ovat olleet tiedossa jo pitkään, eikä asiaan ole mitään yksiselitteistä ja helppoa ratkaisua. Ongelman ydin piilee siinä, etteivät kaikki vaihdevalmistajat ole huomioineet vaihteen irrotusta koskevia seikkoja. Vaihdelaatikoissa ei ole erillisiä ulosvetoon tarkoitettuja kierrereikiä eikä tasomaisia pintoja, joita voisi hyödyntää vaihteen irrotuksessa. Vaihdelaatikkoa ei siis voida irrottaa ilman, että jotakin todennäköisesti hajoaa.

Seuraavassa osiossa ja kuvasarjassa on esitetty edellä mainittuun asiaan ratkaisuehdotus, joka on kehitelty vuosien saatossa kokoonpano-osaston ja koneistamon yhteisvoimin. Työkalu tai tässä tapauksessa jokaisen laitteen lisäosaksi ehdotettu vetorengas, ei vahingoita vaihdelaatikkoa eikä käyttöakselia. Ongelmana kuitenkin on, että vaihdelaatikkoa täytyy saada aluksi vedettyä 10 mm -15 mm ulos jollakin muulla tavalla riippuen valmistettavan vetorenkaan paksuudesta. Tämän vuoksi ehdotetaan, että vetorengas lisättäisiin kaikkiin laitteisiin jo kokoonpanovaiheessa. Seuraavasta kuvasarjasta (kuvat 18-20) käy ilmi ulosvetotyökalun toimintaperiaate.



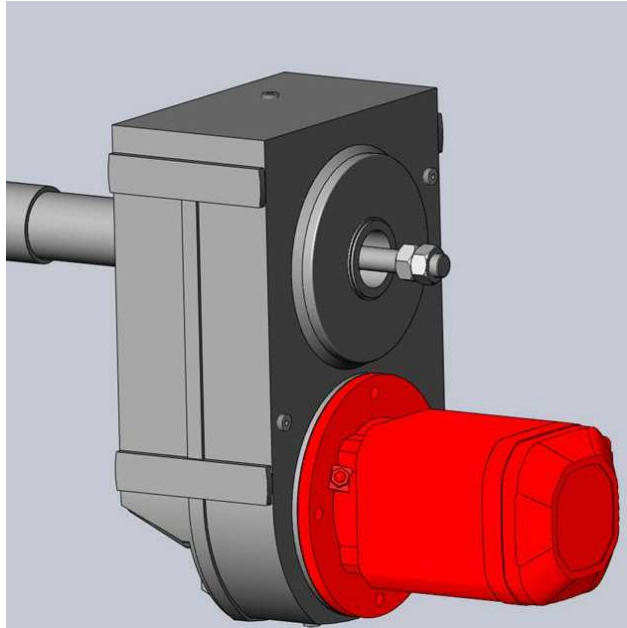
Kuva 18 Vaihdelaatikon leikkauskuva (Laitex Oy)

Edellä olevassa kuvassa 18 on leikkaus vaihdelaatikosta, jossa ulosvetotyökalu on paikallaan. Läpileikkauksesta selviää eri komponenttien sijainti vaihdelaatikossa.



Kuva 19 M24 kierretanko (Laitex Oy)

Kuvasta 19 näkyy, kuinka M24 kierretanko on kierretty vetorenkaaseen, jossa on m24 kierre reiässä. Vetorenkaan kierteen on oltava aina luokkaa suurempi, kun akselin päässä olevan kierre reiän, joka on tässä tapauksessa 20 mm.



Kuva 20 Vaihdelaatikko ja sähkömoottori (Laitex Oy)

Kuvassa 20 oleva vaihdelaatikko irtoaa käyttöakselilta kiertämällä ulompaa mutteria myötäpäivään. Toinen muttereista on lukitusta varten.

### 8.3 Kehitysehdotus

Laitteen huoltamisen kannalta on helpointa, jos jokaiseen Laitex Oy:llä valmistettavaan laitteeseen asennettaisi vastaavanlainen ulosvetorengas jo siinä vaiheessa, kun vaihdelaatikko ensimmäisen kerran asennetaan akselille. Ulosvetorenkaita tulisi valmistaa sarjana jokaiselle käyttöakselikoolle. Suunnittelun osalta tämä ei vaatisi muuta kuin vetoakselin vaihdelaatikonkaulan uudelleen mitoittamisen. Käytännössä vaihteen akseliholkista seegerrenkaaseen annetusta mitasta vähennetään työkalun paksuus.

Toinen oleellinen seikka on, että ulosvetorenkaassa olevan kierrereiän tulisi olla aina luokkaa suurempi kuin akselin päässä oleva lukituskierrereiä. Markkinoinnin hoitaessa oman osansa ulosvetorenkaita ei tarvitse sisällyttää laitteen olemassa olevaan myyntihintaan. Toisin sanoen ulosvetorengasta voisi tarjota asiakkaille erillisenä huoltopakettina, johon kuuluisi esimerkiksi kuvan 21 komponentit.





Kuva 21 Ulosvetorengas

Kuvassa 21 on Laitex Oy:llä valmistettu ulosvetorengas. Kuvassa nuoli osoittaa lukkoruuvia, jolla estetään lukkorenkaan pyöriminen ulosvedon yhteydessä.

## 9 YHTEENVETO

Kun halutaan valmistusystävällisiä tuotteita, edellytetään suunnittelijalta eri menetelmien, mahdollisuuksien ja rajoitusten huomioon ottamista jo suunnittelu- vaiheessa. Suurin osa asioista on jo päätetty ja luotu suunnittelutyön jälkeen, kuten ainevahvuudet, työvarat ja valmistuskuvat. Jos näissä edellä mainituissa asioissa lipsutaan, seurauksena on lähes poikkeuksetta ylimää räisiä kustannuksia. Näihin asioihin paneuduttiin tässä opinnäytetyössä.

Lopputyöni tarkoituksena oli kerätä suunnittelijoille tiivis muistilista asioista, joissa yleisimmin sattuu virheitä ja epähuomioita. Asioiden selkeyttämiseksi lopputyössä pyrittiin käyttämään selkeitä esimerkkejä tilanteista, jotka kaipaavat jatkossa huomiota. Esimerkkitalanteet joita lopputyössä käsiteltiin, olivat olleet esillä tuotannossa vähintään kerran viimeisen vuoden aikana.

Työssä käsiteltävät aiheet jaettiin viiteen eri ryhmään: koneistus, levytyöt, polttoleikkaus, hitsaus ja kokoonpano. Suunnitteluun liittyvät ohjeet ja esimerkkita-paukset oli myös jaettu näiden viiden ryhmän alle.

Työhön kasattiin myös taulukoita asioista, jotka helposti unohtuvat tai joita ei ole ollut aikaisemmin mistään saatavilla. Esimerkkien lomassa pyrittiin myös kertomaan kappaleiden valmistustavoista ja tekniikoista. Ohjeet koottiin niin, että ohjeita noudattamalla valmistus on helpompaa ja tehokkaampaa. Osa ohjeista muodostettiin myös siten, että ohjetta voidaan soveltaa johonkin vastaavaan asiaan eri koneenosassa tai laitteessa.

Materiaalin kerääminen lopputyöhön vei noin 4 kuukautta, jonka aikana kirjoitin suunnittelusta johtuvia epäkohtia ylös ja mietin samalla niihin ratkaisua. Pysyin työtä tehdessäni hyvin aikataulussa ja sain työn koottua mielestäni hyvin. Kaikkiin työssä esitettyihin epäkohtiin löytyi ratkaisu tai tuotantoystävällisempi sovel-

## KUVAT

Kuva 1 Poksipesän valmistuskuva, Laitex Oy, s. 9

Kuva 2 Lsh500-sulkusyöttimen vapaapääty, Laitex Oy, s. 10

Kuva 3 Kolakuljettimen vetopyörä, Laitex Oy, s. 12

Kuva 4 Kolakuljettimen taittopyörä ja taulukko polttoleikkeelle, Laitex Oy, s. 13

Kuva 5 Hihnakuljettimen tela, Laitex Oy, s. 17

Kuva 6 Ruuvikuljetinkourun levytyökuva, Laitex Oy, s. 22

Kuva 7 Hitsaustapahtumasta ja hitsauspolttimen kärjestä, Wikipedia  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/MIG/MAG-hitsaus>, s. 26

Kuva 8 Hitsausmerkintäohjeet pienahitsille, Laitex Oy, s. 27

Kuva 9 Pienahitsiliitosten a-mitat, Laitex OY, s. 28

Kuva 10 Päittäishitsin hitsausmerkinnät, Laitex Oy, s. 29

Kuva 11 Suunnitteluvirhe, Laitex Oy, s. 30

Kuva 12 Suunnitteluvirheen korjaus, Laitex Oy, s. 30

Kuva 13 Mig-hitsauspolttimen fyysiset mitat, Laitex Oy, s. 31

Kuva 14 Laippaliitokset kuljettimien rungoissa, Laitex Oy, s. 31

Kuva 15 kuljettimen yhteen ja laipan välinen vääränlainen railo, Laitex Oy, s. 32

Kuva 16 Leikkaus ruuvikuljettimen kokoonpanokuvasta, Laitex Oy, s. 36

Kuva 17 Detail leikkauskuva, Laitex Oy, s. 37

Kuva 18 Vaihdelaatikon leikkauskuva, Laitex Oy, s. 38

Kuva 19 M24 kierretanko, Laitex Oy, s. 39

Kuva 20 Vaihdelaatikko ja sähkömoottori, Laitex Oy, s. 39

Kuva 21 Ulosvetorengas, s. 40

## LÄHTEET

Aaltonen, K. Andersson, P. & Kauppinen, V., 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. 1.painos. Porvoo, WSOY.

Kalpakjian, S.& Schmid, S., 2006. Manufacturing Engineering and Technology. 5th edition. Upper Saddle River, USA. Pearson Education Inc.

Kuo, T-C., Huang, S.& Zhang, H-C., 2001. Desing for Manufacture and Desing for 'X': concepts, applications and perspectives. Computers & Industrial Engineering 41

Jurvanen V-P. 2008. Koneenosat-opintojakson opintomateriaali. Saimaan ammattikorkeakoulu Lappeenranta

Laitex Oy, viitattu 1.3.2010  
<http://www.laitex.fi>

Suutarinen, R. Levyseppä Laitex Oy haastattelu 4.4.2010.

Suwanen, K. Myynti-ja markkinointijohtaja Haastattelu 7.4.2010

Timings, R. L.& Wilkinson, S. P., 2000. Manufacturing Technology – volume 2. 2nd edition. Essex, England. Pearson Education Limited.

## Laitex Oy:n tuoteperhe

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>1. RK Ruuvikuljettimet</b> |  |
| 1.1. RKK                      | Kourumallinen ruuvikuljetin  |
| 1.2. RKP                      | Putkimallinen ruuvikuljetin  |
| 1.3. RK-J                     | Jäähdytetyt ruuvikuljettimet   |
| 1.4. RK-L                     | Ruuviluokittimet   |
| 1.5. RK-P                     | Ruuvipurkaimet   |
| 1.6. RK-K                     | Ruuvikostuttimet   |
| 1.7. LRP                      | Siilonpohjapurkaimet   |
| RKK 400x8000                  | Kourumallinen ruuvikuljetin, 400 mm halkaisija, pituus 8000 mm   |
| <del>RKK-K 630x4200</del>     | <del>Kourumallinen ruuvikostutin, 630 mm halkaisija, pituus 4200 mm</del>  |
| <b>2. KK Ketjukuljettimet</b> |  |
| 2.1. KK-R                     | Kolakuljettimet raappaketjulla   |
| 2.2. KK-H                     | Kolakuljettimet holkkiketjulla   |
| 2.3. KK-P                     | Ketjupurkaimet   |
| KK-R 600x12000                | Raappaketjuinen kolakuljetin, leveys 600mm, kokonaispituus 12000mm.  |
| KK-H 1000x5000                | Holkkiketjuinen kolakuljetin, leveys 1000mm, kokonaispituus 5000mm.  |
| <b>3. LS Sulkusyöttimet</b>   |  |
| 3.1. LSL                      | Kevyet mallit  |
| 3.2. LSS                      | Vakiomallit  |
| 3.3. LSH                      | Raskaat mallit   |
| 3.4. LS*-E                    | Sulkusyötin, jonka rakennemateriaali poikkeaa normaalista  |
| LSH 630                       | Raskas sulkusyötin, roottorin halkaisija sekä leveys 630mm.  |
| LSS 500/400                   | Vakiomallinen sulkusyötin, Roottorin halkaisija 500mm, roottorin leveys 400mm.   |
| LSH-E 800                     | Raskas sulkusyötin, roottorin halkaisija sekä leveys 800mm, normaalista poikkeava rakennemateriaali, esim. ruostumaton teräs.  |
| <b>4. E Elevaattorit</b>      |  |
| 4.1. HE                       | Hihnaelevaattorit  |
| 4.2. KE                       | Ketjuelevaattorit  |
| HE 600x1250x12500             | Hihnaelevaattori, jonka leveys on 600mm, pituus 1250mm ja korkeus 12500mm.   |
| <b>5. H Hihnakuuljettimet</b> |  |
| 5.1. HK                       | Hihnakuuljettimet  |
| 5.2. HP                       | Hihnapurkaimet   |
| HK 800x10000                  | Hihnakuuljetin, jonka hihnan leveys on 800mm ja akseliväli 10000mm.  |
| <b>6. Sulkuluukut</b>         | --   |
| 6.1. KLV                      | Käsiikäyttöiset sulkuluukut  |
| 6.2. SLV                      | Sähkökäyttöiset sulkuluukut  |
| 6.3. PLV                      | Pneumaattiset sulkuluukut  |
| KLV 250x315                   | Käsiikäyttöinen sulkuluukku, jonka syöttöaukon koko on luistin liikesuuntaa vastaan kohtisuorasti 250mm (syöttöaukon leveys) ja luistin liikesuunnassa 315mm (syöttöaukon pituus). |
| PLV 630x900                   | Paineilmakäyttöinen sulkuluukku, syöttöaukon leveys 630mm ja pituus 900mm.   |
| <b>7. Tankopurkaimet</b>      |  |
| 7.1. TP                       | Tankopurkaimet   |
| <b>8. Murskaimet</b>          |  |
| 8.1. RML                      | Leikkaavat murskaimet  |
| 8.2. RMR                      | Repivät murskaimet   |
| 8.3. LAITEX ***               | Satrindin valmistamat murskaimet. *** = Satrindin tuotekoodi   |
| RML 250x450                   | Leikkaava murskain, jonka roottorin halkaisija on 250 mm ja pituus 450 mm  |
| LAITEX P615                   | Satrindin valmistama murskain, Satrindin koodi F615  |